

AD-A217 885

Nederlandse organisatie
voor toegepast
natuurwetenschappelijk
onderzoek



Instituut voor
Zintuigfysiologie TNO



DTIC FILE COPY

(178)

IZF 1989-43

R.N.H.W. van Gent

PROPRIOCEPTIE BIJ VLIEGTUIG-
BESTURING

02

DISTRIBUTION STATEMENT A
Approved for public release;
Distribution Unlimited

DTIC
ELECTE
FEB 09 1990
S E D

90 02 09 103

Nederlandse organisatie
voor toegepast
natuurwetenschappelijk
onderzoek

TNO-rapport



Instituut
Zintuigfysica

Postbus 23
3769 ZG Soesterberg
Kampweg 5
3769 DE Soesterberg
Telefax 03463 - 5 39 77
Telefoon 03463 - 5 62 11

89-4143



IZF 1989-43

R.N.H.W. van Gent

PROPRIOCEPTIE BIJ VLIEGTUIG-
BESTURING

02

Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke andere wijze dan ook, zonder
voorafgaande toestemming van TNO.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
Algemene Voorwaarden voor Onderzoeks-
opdrachten TNO, dan wel de betreffende
terzake tussen partijen gesloten
overeenkomst

TNO

RAPP. NR.		
UITGELEEND AAN:	Dat. Klant- ret. nr.	

DISTRIBUTION STATEMENT A
Approved for public release;
Distribution Unlimited

DTIC
ELECTE
FEB 09 1990
E D

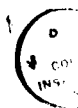


INHOUD

Blz.

SAMENVATTING	5
SUMMARY	6
1 INLEIDING	7
1.1 Achtergrond	7
1.2 Besturing van vliegtuigen op afstand	8
1.3 Motorische vaardigheden	9
1.4 Verwachtingen	12
2 METHODE	14
2.1 Proefpersonen	14
2.2 Taken	14
2.2.1 Stuurtaak	14
2.2.2 Visuele geheugenzoektaak (GZT)	15
2.3 Experimentele opzet	16
2.4 Instrumentatie	16
2.5 Procedure	18
2.6 Training en instructie	18
2.7 Afhankelijke variabelen en analyse	19
3 RESULTATEN	19
3.1 Stuurprestatie	19
3.2 Geheugen zoektaak (GZT)	22
4 DISCUSSIE	23
4.1 Effect van stuurknuppeltype op de stuurprestatie	23
4.2 Effect van stuurknuppeltype op de geheugen zoektaak	24
5 CONCLUSIE	25
REFERENTIES	25
BIJLAGE 1: Vliegmodel	27
BIJLAGE 2: Variantie-analyses	34

Accession For	
NTIS GRA&I	<input checked="" type="checkbox"/>
DTIC TAB	<input checked="" type="checkbox"/>
Unannounced	<input type="checkbox"/>
Justification	
By	
Distribution/	
Availability Codes	
Dist	Avail and/or Special
A-1	



Rapport nr.: IZF 1989-43
Titel: Proprioceptie bij vliegtuigbesturing
Auteur: Ir. R.N.H.W. van Gent
Instituut: Instituut voor Zintuigfysiologie TNO
Datum: oktober 1989
Nummer in MLTP: 734.2

SAMENVATTING

Sinds het aantal boordsystemen in vliegtuigen de laatste jaren is toegenomen kan de vlieger minder dan vroeger aandacht besteden aan de primaire vliegtaak. De indruk bestaat dat de uitvoering van deze primaire taak hierdoor soms suboptimaal verloopt.

Onderzocht is of met een actieve stuurknuppel, waarmee een vliegvariabele via proprioceptie wordt teruggekoppeld de visuele aandacht van de vlieger voor neventaken afneemt bij een stuurtaak met een op afstand bestuurd vliegtuig.

Hiertoe werd een experiment opgezet waarbij een op afstand bestuurd vliegtuig op een computer werd gesimuleerd en als onafhankelijke factoren de stuurknuppeltype (actief of passief), snelheid van de taak, oefening en het wel of niet aanwezig zijn van een visuele neventaak werden gevarieerd.

De resultaten tonen aan dat bij de besturing van vliegtuigen op afstand in het verticale vlak, proprioceptische terugkoppeling van de verticale snelheid de nauwkeurigheid van de stuurtaak en de prestatie op een visuele neventaak vergroot.

Rep.No. IZF 1989-43

TNO Institute for Perception,
Soesterberg, The Netherlands

Proprioception in aircraft control

R.N.H.W. van Gent

SUMMARY

Due to the increase of boardsystems in aircraft in previous years the pilot cannot pay as much attention to the primary flying task as before. The impression exists that therefore the performance on the primary task is less than optimal.

It has been investigated whether, with an active stick to feed back a flight variable through proprioception the visual attention of the pilot for secondary tasks diminishes in a steering task with a remotely piloted vehicle (RPV).

For this purpose an experiment was set up in which a remotely piloted vehicle was simulated on a computer and in which the independent factors, sticktype (active vs passive), task-speed, replication and whether or not a visual secondary task was present, were introduced.

The results show that with the control of remotely piloted vehicles in the vertical plane, proprioceptive feedback of the vertical speed enhances the accuracy of the steering task and the score on the visual secondary task.

1 INLEIDING

1.1 Achtergrond

In de luchtvaart wordt de vlieger door het toenemend gebruik van automaten steeds minder betrokken bij de primaire stuurtaken. Dit heeft geleid tot een situatie waarin de vlieger nog slechts door eenvoudige manipulatie van een toets of handel op de besturing kan ingrijpen. Uit diverse publikaties van o.a. Wiener en Curry (1980) blijkt dat vliegers menen hierdoor een onvolledige indruk te krijgen over de krachten en bewegingen die het vliegtuig ondervindt ("het vliegtuig praat niet meer met je!"). Als deze indruk juist is, zullen regelingrepen van vliegers vermoedelijk suboptimaal zijn, waardoor enerzijds de stuurprestatie tijdens kritische manoeuvres afneemt en anderzijds de benodigde aandacht voor de vlieginstrumenten toeneemt ten koste van de beschikbare aandacht voor andere taken.

In deze situatie kan mogelijk verbetering worden gebracht door de indruk over de krachten en beweging die de vlieger zou ondervinden bij minder geavanceerde vliegtuigen, kunstmatig via de stuurknuppel in toekomstige vliegtuigen op te roepen. Experimenten door Herzog (1968) en Hosman en van der Vaart (1987) tonen dat het goed mogelijk lijkt om door middel van de stuurknuppel krachten die het vliegtuig ondervindt naar de vlieger terug te koppelen. Op grond van theorieën over motorische vaardigheden lijkt het redelijk te veronderstellen dat hierdoor doelmatig gebruik kan worden gemaakt van proprioceptische terugkoppeling van informatie hetgeen de noodzaak van informatieterugkoppeling door perifere organen vermindert. Dit kan leiden tot een taakuitvoering die minder aandacht van de vlieger vergt. Aangezien de aandachtsprioriteit van de vlieger een actueel probleem is lijkt het zinvol in een experiment te beproeven in hoeverre proprioceptische terugkoppeling aandacht voor extra taken verschaft.

In deze studie wordt het effect op de vliegprestatie onderzocht van de verticale snelheidsterugkoppeling via een stuurknuppel. De vliegtaak betreft het besturen van een vliegtuig op afstand. Hoewel stuurhandelterugkoppeling voor de vlieger in vliegtuigen belangrijker lijkt, is voor de eenvoud van de proefopstelling afstandsbesturing gekozen.

1.2 Besturing van vliegtuigen op afstand

De meest kritische fase van het besturen van RPV's is in het algemeen de landing. Hiertoe wordt vaak gebruik gemaakt van netten waar de operator de RPV in moet vliegen. Fig. 1 toont een typische landing van een RPV.

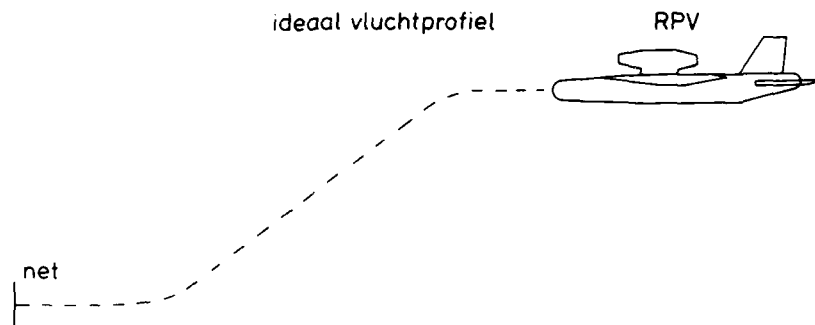


Fig. 1 Een landing van een RPV in een daarvoor bestemd net.

De nauwkeurigheid van de manoeuvre is hierbij kritisch, vanwege de nauwe grenzen waaraan het vluchtprofiel moet voldoen. Hierbij moet de operator de RPV laten zakken met een bepaalde verticale snelheid vanaf de kruisvluchthoogte. Deze verticale snelheid dient naar nul te zijn gebracht op het moment dat de RPV de hoogte van het net bereikt. Verondersteld wordt dat het gemis aan bewegingsperceptie tot minder nauwkeurige prestaties leidt dan bij een hypothetisch veronderstelde, soortgelijke taak in een werkelijk vliegtuig. Immers, in het laatste geval worden verticale versnellingen door het evenwichtsorgaan opgemerkt.

Bij een huidige RPV zal de bestuurder de gegevens zoals hoogte, snelheid en verticale snelheid van instrumenten moeten aflezen. Dit veroorzaakt een vertraging in de reactie waardoor de vliegprestatie suboptimaal wordt.

De mens-machine interface kan vermoedelijk verbeterd worden door de verticale snelheid proprioceptief terug te koppelen. Al eerder hebben experimenten door Damen, Schuffel en Van Gent (1988) aangetoond dat kritische vluchtvariabelen via variatie van stuurkrachten een bestuur-

der aangeboden kunnen worden met behulp van actieve stuurknuppels. Dit zijn stuurknuppels die niet alleen passief stuurstanden of stuurkrachten opnemen, maar deze bovendien ook actief kunnen genereren.

1.3 Motorische vaardigheden

Door Schmidt (1975) werd de Schema-theorie ter verklaring van de motorische vaardigheden van de mens naar voren gebracht. Schmidt gaat ervan uit dat het regelgedrag van de mens gebaseerd is op bepaalde regels ("schema's") die voor een variëteit van bewegingen ontwikkeld worden. Een schema wordt op basis van fouten verbeterd en tendeert als functie van tijd naar een foutloos schema. Hij maakt daarbij onderscheid tussen de mechanismen waarop de mens snelle en langzame bewegingen baseert.

Er zijn twee geheugen componenten; een geheugenschema, om een snelle beweging te produceren en een recognitieschema, om een langzame beweging te evalueren.

Bij snelle bewegingen is het geheugenschema actief met een minimaal gebruik van terugkoppeling. Het recognitieschema wordt daarbij gebruikt nadat de beweging voltooid is om de zintuiglijke terugkoppelingen van de response te evalueren.

Bij langzame bewegingen speelt het geheugenschema nauwelijks een rol van betekenis; de zintuiglijke terugkoppelingen van de response worden voortdurend vergeleken en geëvalueerd door het recognitieschema, waarin referenties over de juiste taakuitvoering zijn opgeslagen.

Het regelgedrag van vliegers wordt verondersteld gebaseerd te zijn op twee aanvullende componenten: het geprogrammeerd sturen en het sturen met behulp van terugkoppeling. Het geprogrammeerd sturen maakt gebruik van het geheugenschema en is van belang bij handelingen die zo snel zijn dat terugkoppeling niet of onvoldoende mogelijk is (open-lus-gedrag). Het sturen met behulp van terugkoppeling maakt gebruik van het recognitieschema en is van belang voor handelingen waarbij correcties op eerdere ingrepen tot een nauwkeurige prestatie kunnen leiden, indien juistheidsreferenties beschikbaar zijn. De schematheorie kan in dit geval worden samengevat met Fig. 2.

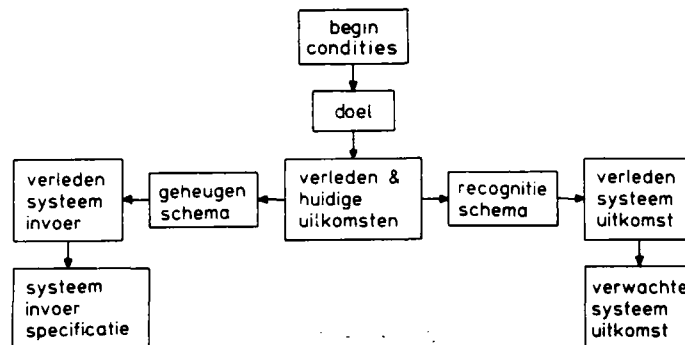


Fig. 2 De Schema-theorie van Schmidt (1975) als analogon voor het verklaren van het stuurgedrag van vliegers.

Twee begrippen zijn van belang voor het verklaren van de effectiviteit van het motorisch proces: KR (Knowledge of Results) en SR (Subjective Reinforcement). KR houdt in dat, onafhankelijk van de leerling, na een bepaalde beweging duidelijk gemaakt wordt in hoeverre de beweging succesvol was. De nauwkeurigheid en de frequentie van het toedienen van KR bepaalt de effectiviteit. Indien genoeg ervaring is opgedaan, kan een bepaalde taak ook subjectief geëvalueerd worden door middel van SR. Dit houdt in dat het totaal van de gegevens die tijdens de beweging ervaren worden al een subjectieve indruk kunnen geven over de kwaliteit van de beweging, zoals bijvoorbeeld een ervaren tennisspeler al aan het begin van zijn slag kan voelen of deze succesvol zal zijn.

Twee begrippen die in het bijzonder van belang zijn bij gesloten-lus-sturing zijn: exteroceptische en proprioceptische terugkoppeling. Exteroceptische terugkoppeling houdt in dat die gegevens, die te maken hebben met de toestand van de omgeving teruggekoppeld worden. Voorbeelden hiervan zijn de buitentemperatuur, het weer enzovoorts. Proprioceptische terugkoppelingen zijn die zintuiglijke terugkoppelingen die te maken hebben met de toestand van het eigen lichaam, zoals de spanning van de spieren, de druk op de huid, de lichaamstemperatuur enzovoorts. Bepaalde zintuigen kunnen zowel exteroceptisch als proprioceptisch werken, zoals bijvoorbeeld de visuele zintuigen. Indien deze gebruikt worden om de toestand van de omgeving te bepalen zijn ze exteroceptisch. Echter, wanneer deze gebruikt worden als controle op het evenwicht van het eigen lichaam zijn ze proprioceptisch benut.

In Fig. 3 is de rol van de verschillende vormen van terugkoppeling weergegeven bij de theorie van Schmidt. Bij snelle bewegingen worden

de begincondities en het doel aan het motor-responsieschema aangeboden en hierdoor worden de parameters van het motor programma en de verwachte proprioceptische en exteroceptische terugkoppelingen bepaald. Nadat het programma is voltooid worden de zintuiglijke terugkoppelingen vergeleken met de verwachte terugkoppelingen waarbij een foutenwaardering wordt toegevoegd en toegevoegd aan het motor-responsieschema als SR. Dit, tezamen met KR vormt de evaluatie van de snelle beweging.

Bij langzame bewegingen wordt de beweging feitelijk geïnitieerd door SR. Hier wordt de verwachte terugkoppeling gebruikt als de juistheidsreferentie en de terugkoppelingen zelf geven een voortdurende foutenwaardering. Tijdens de langzame beweging wordt zodanig gehandeld dat de gemaakte fouten geminimaliseerd worden. Op deze wijze wordt dan praktisch geen gebruik gemaakt van het motor-programma en zodoende ook niet van het geheugenschema.

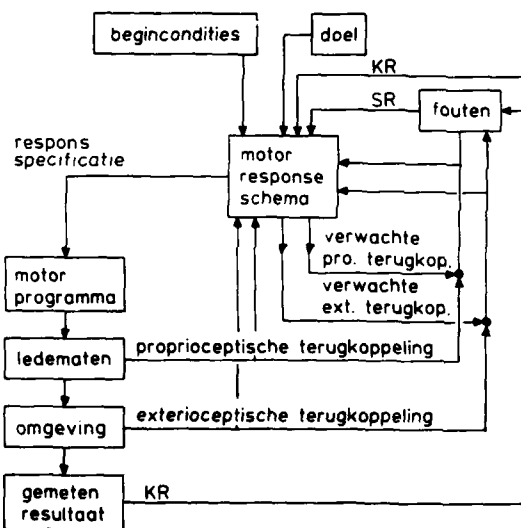


Fig. 3 De rol van terugkoppelingen bij de Schema-theorie.

Naast de hierboven besproken rol van proprioceptische terugkoppelingen wordt de hypothese door Ellis, Schmidt en Wade geponeerd (1968), dat de nauwkeurigheid van de timing van een motor responsie zal verbeteren met toename van de proprioceptische terugkoppeling aan de proefper-

soon. Deze hypothese wordt bevestigd door experimenten van Adams en Creamer (1962), Aiken (1965), Grose (1964) maar voorzover bekend is hieraan in de literatuur geen verdere aandacht besteed.

Voor wat betreft de aandachtscapaciteit van de mens bij het uitvoeren van perceptief-motorische taken is bekend dat deze van een beperkte grootte is (Schmidt 1975). Wanneer twee taken aandacht behoeven zal een prestatieverslechtering optreden als zij gezamenlijk worden uitgevoerd in vergelijking met de prestatie van de afzonderlijke uitgevoerde taken. De taken interfereren met elkaar. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen capacatieve interferentie en structurele interferentie.

Alleen de structurele interferentie wordt hier beschouwd omdat het bij het bewaken van een aantal boordsystemen vooral om het lezen van gegevens gaat. Indien twee of meer aanwijsmiddelen tegelijk afgelezen dienen te worden kan bij de vlieger een probleem bij de visuele aandachtsverdeling ontstaan, waardoor taken minder goed worden uitgevoerd dan wanneer alle aandacht voor een instrument beschikbaar is. Capacatieve interferentie treedt op indien de centrale informatie verwerking overbelast wordt. Deze vorm van interferentie wordt hier buiten beschouwing gelaten omdat deze vooral cognitief van aard is.

1.4 Verwachtingen

Bij stuurtaken in vliegtuigen wordt op grond van de theorie van motorische vaardigheden verwacht dat proprioceptische terugkoppeling van de effecten van regelingrepen de nauwkeurigheid van de taakuitvoering verbetert. Indien KR wordt verstrekt, kan SR tijdens de manoeuvre worden ontwikkeld. Door KR aan het einde van een manoeuvre beschikbaar te stellen aan de hand van de gevlogen baan en de afstand tot het te bereiken doel worden juistheidsreferenties ontwikkeld. Verondersteld wordt dat bij het vliegen naar een doel een actieve stuurknuppel door middel van variatie van stuurstanden met stuurkrachten extra proprioceptische terugkoppelingen zal leveren in vergelijking met een passieve stuurknuppel doordat niet alleen het signaal dat aan de effector geboden wordt gevoelsmatig wordt teruggekoppeld, maar ook de reactie van de effector. In tegenstelling tot een passieve stuurknuppel verstrekt een actieve stuurknuppel onmiddellijke informatie over de effecten van een ingreep. Hierdoor wordt dus een onmiddellijke reactie en daardoor een nauwkeuriger prestatie bevorderd.

Naarmate een snellere beweging vereist is dient voor een nauwkeurige taakuitvoering in grotere mate een beroep op geprogrammeerd sturen te worden gedaan dan bij langzame taken. Uit onderzoek van Schuffel (1986) blijkt evenwel dat naarmate dit beroep op geprogrammeerd sturen groter wordt de nauwkeurigheid van taakuitvoering afneemt. Het effect van proprioceptische terugkoppeling zal derhalve afnemen bij snelle taken hetgeen een interactie tussen de snelheid van de taak en de stuurknuppel uitvoering ten gevolge zal hebben.

Als gevolg van de proprioceptisch aangeboden vlieggegevens zal in mindere mate een beroep op de visuele aandacht worden gedaan. Naar verwachting kan daardoor meer aandacht besteed worden aan andere visuele taken. Door deze interferentie als onafhankelijke variabele in het experiment te betrekken met behulp van een visuele zoektaak kan worden bepaald in hoeverre de behoefte aan visuele aandacht door proprioceptie kan worden gecompenseerd.

De verwachtingen zijn samen te vatten in Tabel I en II.

Tabel I De verwachte resultaten van de stuurtaken in de condities: actieve en passieve stuurknuppel, met of zonder neventaak, snelle en langzame stuurtaak.

	zonder visuele neventaak		met visuele neventaak	
	snel	langzaam	snel	langzaam
passieve stick	-	+/-	--	-
actieve stick	+/-	++	-	+

- ++ - zeer grote nauwkeurigheid
- + - grote nauwkeurigheid
- +/- - matige nauwkeurigheid
- - geringe nauwkeurigheid
- - slechte nauwkeurigheid

Tabel II De verwachte resultaten van de visuele neventaak in de condities: actieve en passieve stuurknuppel, snelle en langzame stuurtaak.

score dubbeltaak		
	snel	langzaam
passieve stick	--	+
actieve stick	-	++

++ = zeer hoge score
 + = hoge score
 - = lage score
 -- = zeer lage score

2 METHODE

2.1 Proefpersonen

Aan het experiment namen tien studenten uit Utrecht deel met normale motorische capaciteiten. Zij waren rechtshandig, tussen de twintig en vijfentwintig jaar oud, hadden een normaal gezichtsvermogen en hadden geen ervaring met besturing van vliegtuigen.

2.2 Taken

2.2.1 Stuurtaak

Als hoofdtak werd een proefpersoon gevraagd om de RPV in een vangnet te vliegen. Hiertoe behoorde de proefpersoon een bepaald hoogteverschil te overbruggen, waarbij hij het eventuele doorschot zoveel mogelijk moest vermijden. Het net diende zo dicht mogelijk bij het midden en met een zo klein mogelijke verticale snelheid te worden geraakt.

De taak werd op een beeldscherm zichtbaar gemaakt. Het net werd voorgesteld door twee verticale en een horizontale lijn die als het ware een rugbydoel voorstellen. Het net kon op verschillende afstanden geplaatst worden om de mate waarin een proefpersoon op geprogrammeerd sturen een beroep moet doen, te kunnen variëren. De stand van het net

was door gebruik van perspectief tevens een indicatie van de hoogte. Deze werd ook analoog geprojecteerd op het beeldscherm evenals de vliegsnelheid en de verticale snelheid.

Fig. 1 toont een normaal vluchtprofiel en Fig. 4 de opbouw van het beeldscherm in de verschillende stadia.

Het toestel startte met een beginsnelheid van 66 m/sec vanaf verschillende posities. De startposities werden gevarieerd in stappen van 500 meter met een minimum van 1000 meter en een maximum van 3000 meter afstand tot het doel. Het hoogteverschil was constant (300 meter).

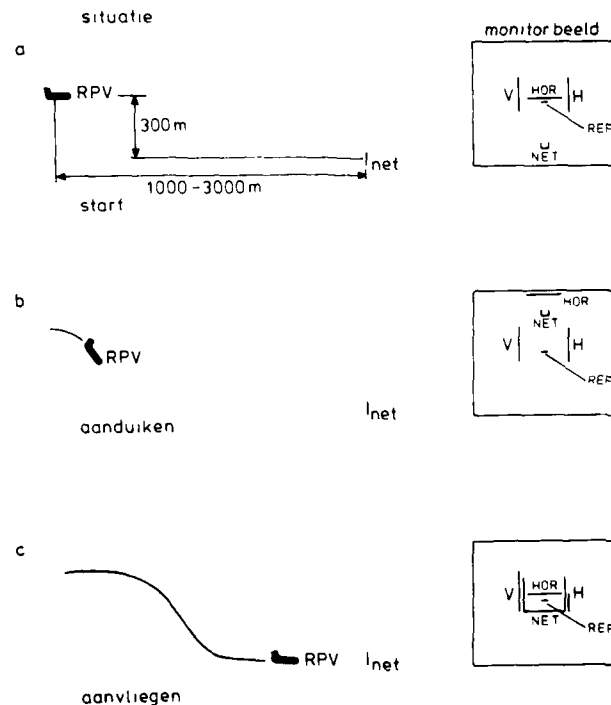


Fig. 4 Monitorbeeld tijdens verschillende stadia van een normale vlucht, weergegeven in dwarsdoorsnede.

2.2.2 Visuele geheugenzoektaak (GZT)

Om na te gaan hoeveel aandacht proefpersonen kunnen besteden aan een tweede taak werd tijdens het vliegen een responsie-gestuurde visuele taak (GZT) aangeboden. De aanbidding werd aangekondigd door een akoestisch signaal. De taak werd gepresenteerd op het linkerondergedeelte van het beeldscherm. De taak kan als volgt worden omschreven: Op het

beeldscherm werden vier letters (doelletters) aangeboden die de proefpersoon moest onthouden. Deze werden gedurende 15 seconden aangeboden waarna de taak werd gestart. Op het scherm verscheen een letter. Deze letter moest de proefpersoon vergelijken met de te onthouden stel. Indien de aangeboden letter overeenkwam met een van de letters uit het stel moest met de linkerhand de "ja" toets worden ingedrukt. Als dit niet het geval was werd de "nee" toets ingedrukt. De proefpersoon werd geïnstrueerd om deze taak gedurende een sessie zo vaak mogelijk uit te voeren, maar benadrukt werd dat de taak op elk moment onderbroken kon worden als naar inzicht van de proefpersoon de stuurtaak dit vereiste. De volgorde waarin letters, wel of niet overeenkomend met een doelletter, werden aangeboden was willekeurig. Elke taak bevatte een andere doelletterset. Het aantal correct uitgevoerde evenals het aantal incorrect uitgevoerde GZT's werd geregistreerd. Deze werden naast de resultaten van de stuurtaak aan het einde van een manoeuvre gepresenteerd.

2.3 Experimentele opzet

Vier factoren werden in een experimentele opzet gecombineerd. De factor stuurknuppel (twee niveaus) werd tussen proefpersonen gevarieerd. De factoren afstand (drie niveaus), neventaak (twee niveaus) en herhaling (twee niveaus) werden binnen proefpersonen gevarieerd. De volgorde van het testen werd gebalanceerd.

2.4 Instrumentatie

De dynamische eigenschappen van een RPV werden met een wiskundig model beschreven. Op basis daarvan werden de bewegingen van dit vliegtuig op werkelijke tijdschaal met een computer berekend als functie van de stuursignalen. De bewegingsvergelijkingen van het gesimuleerde toestel worden in meer detail besproken in Bijlage 1. Tegelijkertijd werd op dezelfde computer een driedimensionaal beeld van het doel uitgerekend en deze op het beeldscherm gepresenteerd. De voor dit doel gebruikte computer was een kloon van een PC/AT. De invoer van de computer werd verzorgd door een besturingsconsole waar gebruik werd gemaakt van de twee verschillende stuurknuppels:

- a) een passieve stuurknuppel
- b) een actieve stuurknuppel

De passieve stuurknuppel die in het experiment gebruikt werd was een standaard isometrische stuurknuppel van het merk Measurements Systems Inc. van het model 446-G794.

De actieve stuurknuppel is door het IZF ontwikkeld en geconstrueerd. Bij deze stuurknuppel werden de stuurkrachten geleverd door twee elektromotoren QK 140-2 van BBC met een statische vermogen van 2 kW en een dynamisch vermogen van 4 kW. De constructie is zodanig dat de stuurkrachten van elke vrijheidsgraad door een aparte motor geleverd werd. Er waren twee vrijheidsgraden. Voor de besturing van de stuurknuppel was de PC/AT uitgerust met een Digital to Analog & Analog to Digital convertor. Fig. 5 toont een foto van de actieve stuurknuppel.



Fig. 5 De actieve stuurknuppel met de stuurkrachtmotoren.

Het terugkoppelen van de verticale snelheid geschiedde door het stuurkrachtverloop zodanig te variëren, dat bij een opwaartse verticale snelheid, de stuurknuppel door de motor naar voren werd gedrukt en bij een neerwaartse verticale snelheid, naar achteren. Het verloop werd zodanig ingesteld, dat bij kleine verticale snelheden de stabiliteit van het toestel toenam, maar dat er een oscillatie optrad bij de voor de taak benodigde verticale snelheden. Dit was gedaan om het voordeel

van een stabiel toestel bij losgelaten stuur weg te nemen en eventuele voordelen van een actieve stuurknuppel te kunnen toeschrijven aan de proprioceptische terugkoppeling.

2.5 Procedure

Iedere proefpersoon nam twee dagen aan het experiment deel. De instructie werd in het eerste half uur van de eerste dag gegeven, waarna in de rest van de ochtend 150 vluchten gevlogen werden. Een vlucht nam ongeveer een halve minuut in beslag, waarvan series van dertig achter elkaar gevlogen werden. Na elke vlucht kreeg een proefpersoon gedurende tien seconden KR in de vorm van de behaalde resultaten en een zij aanzicht van het vluchtverloop. Na een serie werd een pauze genomen. De afstand en daarmee de snelheid van de taak werd na elke serie veranderd. Na drie series werd er twintig minuten gepauzeerd met een koffieonderbreking. Na de 150 vluchten werd in het kader van een controleconditie een serie van 50 GZT's uitgevoerd. Aan het einde van de eerste dag werden nog 100 vluchten uitgevoerd met een GZT als neventaak.

In plaats van series van 30 werd er gevlogen met series van 20 vluchten. Gedurende de tweede dag werden nog twee maal 100 vluchten gevlogen, in series van 20, waarvan de eerste 100 zonder neventaak en de tweede met de GZT als neventaak. De volgorde van testen was gebalanceerd.

2.6 Training en instructie

De proefpersonen werden op de hoogte gebracht van de dynamische eigenschappen van het vliegtuig (invalshoek, baanhoek, roerhoek, standhoek, G, enz.), waarna zij in de gelegenheid werden gesteld om vijftientwintig proefvluchten te vliegen onder begeleiding, waarbij de hiervoor genoemde elementen werden getoond. De eigenschappen van de desbetreffende stuurknuppel werden duidelijk gemaakt. De instructie luidde:

1. U dient met het toestel zo dicht mogelijk bij het midden van het net te eindigen.
2. Vervolgens dient u het net met een zo klein mogelijke verticale snelheid te raken.
3. Indien van toepassing dient u zoveel mogelijk GZT's correct uit te voeren, mits dit niet interfereert met het voorgaande.

Na elke vlucht werd KR aan de proefpersoon gepresenteerd in de vorm van de gevlogen baanvorm, de afstand tot het net en de verticale snelheid aan het einde van de manoeuvre. Indien van toepassing werd de score op de GZT ook getoond.

2.7 Afhankelijke variabelen en analyse

De absolute afstand in het verticale vlak tot het midden van het net in meters, ter indicatie van de nauwkeurigheid waarmee de stuurtaak werd uitgevoerd bij het bereiken van het vluchtdoel.

De verticale snelheid bij het bereiken van het net in meters per seconde, ter indicatie van systematische afwijkingen in de beweging.

De standaardafwijking van de verticale snelheid in meters per seconde, ter indicatie van de nauwkeurigheid van de beweging.

Het aantal goede reacties op de GZT (indien van toepassing) werden tijdens de vlucht geregistreerd en aan het einde van een vlucht met de twee eerstgenoemde data opgeslagen.

De gegevens werden aan een variantie-analyse onderworpen. De laatste twee herhalingen van tien vluchten van iedere proefpersoon bij iedere conditie werden geanalyseerd. Hierdoor verkreeg men voor elke variabele 50 (vijf ppn * tien vluchten) meetpunten.

3 RESULTATEN

3.1 Stuurprestatie

In Fig. 6 is de gemiddelde absolute afstand tot het midden van het doel te zien als functie van stuurknuppeltype, startafstand, neventaak en herhaling.

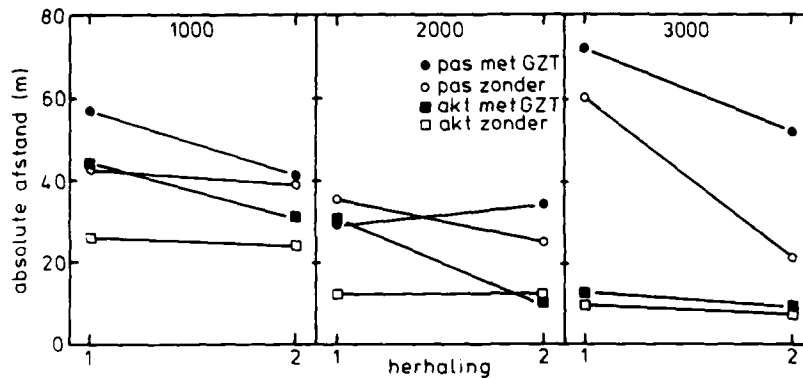


Fig. 6 De gemiddelde verticale afstand tot het midden van het doel als functie van stuurknuppeltype (passief, actief), startafstand (1000 m, 2000 m, 3000 m), neventaak (met, zonder) en herhaling (1,2), gemiddeld over de proefpersonen.

Met de actieve stuurknuppel worden nauwkeuriger resultaten bereikt dan met de passieve stuurknuppel. Uit een variantie-analyse (zie Bijlage 2) blijkt dat het hoofdeffect, stuurknuppeltype, significant is ($p < 0.01$). De afstand tot het doel met de passieve stuurknuppel bedraagt gemiddeld 42,5 meter en met de actieve stuurknuppel 18,7 meter.

Het effect neventaak is evenzo significant. Met een neventaak wordt de gemiddelde afstand tot het doel groter. Zonder neventaak bedraagt de afstand gemiddeld 26,1 en met neventaak 35,1 meter.

Het effect herhaling is significant. Als functie van herhaling wordt de afstand tot het doel kleiner. Tijdens de eerste herhaling bedraagt de afstand gemiddeld 35,9 en tijdens de tweede herhaling 25,3.

Het effect startafstand is ook significant. Als functie van de startafstand wordt de afstand tot het doel kleiner.

De gemiddelde afstand bij een startafstand van 3000 meter bedraagt 30,3 meter, bij 2000 meter 23,3 en bij 1000 meter 38,2 meter.

Er is een significante interactie van startafstand met stuurknuppeltype. In de conditie met veel tijd (3000 meter) om stuurcorrecties uit te voeren vertoont de actieve stuurknuppel de beste resultaten, onafhankelijk van de neventaak.

Fig. 7 laat de gemiddelde verticale snelheid zien als functie van stuurknuppeltype, startafstand, neventaak en herhaling gemiddeld over de proefpersonen.

Het hoofdeffect stuurknuppel en het effect neventaak zijn niet significant (zie Bijlage 2). Het effect startafstand is significant. Als functie van de startafstand neemt de verticale snelheid af. Bij een startafstand van 3000 meter is de gemiddelde verticale snelheid -3.0 m/sec, bij een startafstand van 2000 meter -6.6 m/sec en bij een startafstand van 1000 meter -61.2 m/sec. In de conditie waarin men de minste tijd beschikbaar heeft vertoont de verticale snelheid de grootste waarden. Dit is onafhankelijk van de neventaak.

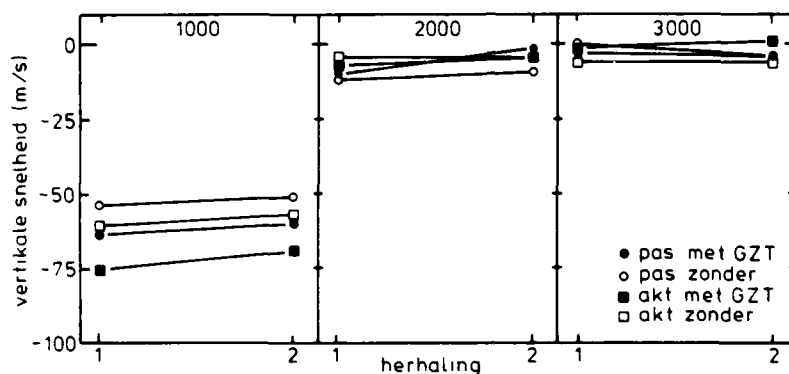


Fig. 7 De gemiddelde verticale snelheid bij het doel als functie van stuurknuppeltype (passief, actief), startafstand (1000 m, 2000 m, 3000 m), neventaak (met, zonder) en herhaling (1,2), gemiddeld over de proefpersonen.

Fig. 8 geeft de standaardafwijking van de verticale snelheid weer als functie van taaktype, startafstand, herhaling en stuurknuppeltype, gemiddeld over de proefpersonen. Hier is noch het hoofdeffect stuurknuppel, noch enig ander effect significant. Het gegeven dat het effect herhaling bij de gemiddelde verticale snelheid en het gegeven dat er geen significante effecten optreden bij de standaardafwijking kan een aanwijzing zijn voor de veronderstelling dat de proefpersonen hun aandacht alleen hebben gericht op het minimaliseren van de gemiddelde afstand en niet op het minimaliseren van de verticale snelheid.

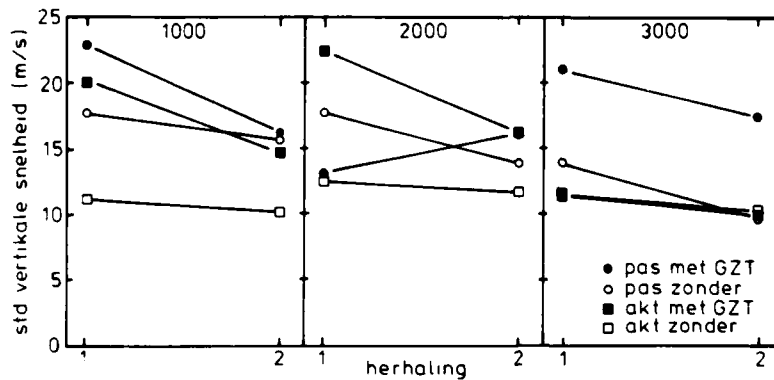


Fig. 8 De standaardafwijking van de verticale snelheid als functie van stuurknuppeltype (passief, actief), startafstand (1000 m, 2000 m, 3000 m), neventaak (met, zonder) en herhaling (1,2), gemiddeld over de proefpersonen.

3.2 Geheugen zoektaak (GZT)

Fig. 9 laat zien dat met de actieve stuurknuppel betere resultaten worden bereikt op de geheugen zoektaak dan met de passieve stuurknuppel. Uit een variantie-analyse (zie Bijlage 2) blijkt dat het hoofdeffect stuurknuppeltype significant is ($p < 0.01$) voor de scores op de dubbeltaak. Met een actieve stuurknuppel neemt de score op de dubbeltaak toe. De gemiddelde score met de passieve stuurknuppel bedraagt 12,8 en met de actieve stuurknuppel 14,7.

Ook het effect startafstand is significant. Als functie van de startafstand neemt de score op de dubbeltaak toe. Bij een startafstand van 3000 meter bedraagt de gemiddelde score 19,3, bij een startafstand van 2000 meter bedraagt de gemiddelde score 14,3 en bij een startafstand van 1000 meter bedraagt de gemiddelde score 7,7.

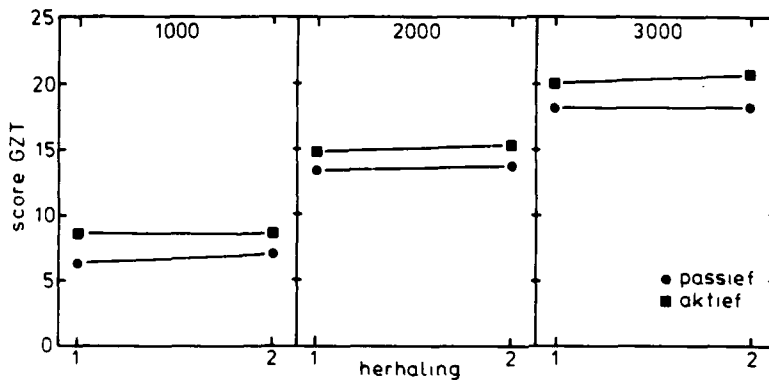


Fig. 9 De scores bij de dubbeltaak als functie van stuurknuppeltype (passief, actief), startafstand (1000 m, 2000 m, 3000 m) en herhaling (1,2), gemiddeld over de proefpersonen.

4 DISCUSSIE

4.1 Effect van stuurknuppeltype op de stuurprestatie

Uit de resultaten blijkt dat het gebruik van een actieve stuurknuppel tot nauwkeurigere prestaties leidt. Dit komt vooral naar voren bij de verticale doelafstand. Op deze prestatie is nog invloed aan te wijzen van de startafstand waarmee de snelheid van de taak werd gemanipuleerd en de uitvoering van de GZT waarmee de visuele aandachtseisen werden gemanipuleerd.

De startafstand laat het verwachte effect van onnauwkeurige prestaties in snelle taken zien. Stuurfouten kunnen nauwelijks gecorrigeerd worden, waardoor de doelafstand groter wordt. Naarmate de taak langzamer wordt zal het effect van extra proprioceptische terugkoppelingen, aangeboden door de actieve stuurknuppel, toenemen. Dit verklaart de aangetroffen significante interactie van startafstand met stuurknuppeltype.

Het effect dat bij de passieve stuurknuppel de proefpersonen in de conditie met GZT minder goede resultaten halen bij een startafstand van 3000 meter in vergelijking met de startafstand van 2000 meter bevestigt het idee dat door gebrek aan proprioceptie de visuele aandacht verdeeld moet worden over stuur- en neventaak. Naarmate de taak langzamer wordt neemt de noodzaak voor visuele aandacht voor de

stuurtaak toe. Bovendien ontstaat tijdens de vlucht vanaf 3000 meter na de duikvlucht een periode waarbij, door de grote afstand, de visuele cues relatief klein zijn en dat veranderingen van de horizontale baan relatief laat bemerkt worden. De stuurtaak-prestatie verslechtert daardoor significant.

In deze conditie met de actieve stuurknuppel is er van verslechtering van taakuitvoering geen sprake. Dit ondersteunt de verwachting, dat proefpersonen door het gebruik van de actieve stuurknuppel continue informatie over veranderingen van de horizontale baan krijgen en dat daardoor reacties op baanafwijkingen sneller en nauwkeuriger uitgevoerd kunnen worden.

Hierbij dient opgemerkt te worden dat de actieve stuurknuppel extra stabiliteit bij kleine baanveranderingen introduceert. Aangezien de stuuruitslagen van de proefpersonen tijdens het experiment niet zijn opgeslagen kan dit effect niet worden geanalyseerd.

De spreiding van de verticale snelheid bij het doel is zodanig groot dat geen significante effecten van stuurknuppeltype aantoonbaar zijn. Een veronderstelling is dat de proefpersonen zich nog in een vroeg leerstadium bevinden. Volgens Crossman & Cooke (1962) proberen proefpersonen in die fase een variabele constant te houden en de ander te variëren. De afwezigheid van een leereffect bij de verticale snelheid en de afwezigheid van significante effecten in de standaardafwijking van de verticale snelheid ondersteunen deze veronderstelling.

4.2 Effect van stuurknuppeltype op de geheugen zoektaak

De resultaten van de doelafstand laten zien dat ondanks de instructie de neventaak niet te laten interfereren met de stuurtaak de proefpersonen dit toch in beperkte mate toelaten. Kennelijk heeft men de instructie niet kunnen of willen opvolgen, en heeft men een verslechtering van de stuurtaak geaccepteerd ten gunste van de GZT. Dit nadeel van een dubbeltaakmethode is bekend. Het effect van de stuurknuppeltype op de neventaakuitvoering bevestigt evenwel de verwachting dat door middel van proprioceptische terugkoppeling bij het gebruik van de actieve stuurknuppel aandacht beschikbaar komt ten gunste van de GZT. De betekenis van dit verschil is niet duidelijk. Het is niet zo groot als het effect van doelafstand.

5 CONCLUSIE


Bij de besturing van vliegtuigen op afstand in het verticale vlak vergroot proprioceptische terugkoppeling van de verticale snelheid de nauwkeurigheid van de stuurtaak en de prestatie op een visuele neventaak.

REFERENTIES

- Adams, J.A. and Creamer, L.R. (1962). Proprioception variables as determiners of anticipatory timing behaviour. *Human Factors*, 4, 217-222.
- Aiken, L.R. Jr. (1965). Learning and retention in the estimation of short time intervals: a circuit and a study. *Perceptual Motor Skills*, 20, 509-517.
- Baarspul, M. & Dooren, J.P. van (1976). The hybrid simulation of aircraft motions in a piloted moving-base flight simulator. Report VTH-178, Delft, The Netherlands: Delft University of Technology.
- Crossman, E.R.F.W. & Cooke, J.E. (1962). Manual control of slow response systems. International Congress on Human Factors in Electronics, Long Beach, California (Reprinted in Edward and Lees, 1974, op. cit) London.
- Damen, B.J., Gent, R.N.H.W. van & Schuffel, H. (1988). Demonstration of FOG-M capabilities by means of simulation and effects of proprioceptive feedback on the control. AGARD Conference Proceedings no. 435, Guidance and control of precision guided weapons.
- Ellis, M.J., Schmidt, R.A. & Wade, M.G. (1968). Proprioception variables as determinants of lapsed time estimation. *Ergonomics*, Vol. 11, no. 6, 577-586.
- Gerlach, O.H. (1967). Vliegeigenschappen I. Dictaat VTH D-10, Delft, The Netherlands: Technische Hogeschool Delft.
- Grose, J.E. (1967). Timing control in finger, arm and whole body movements. *Res. Q. Am. Ass. Hlth. phys. Educ.*, 24, 176-187.
- Herzog, J.H. (1968). Proprioceptive cues & their influence on operator performance in manual control. NASr 54(06), Langley, NASA.
- Hosman, R.J.A.W. & Vaart J.C. van der (1987). Active and passive side stick controllers: tracking task performance and pilot control behaviour. Delft, The Netherlands: Delft University of Technology.
- Schmidt, R.A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, no. 4, 225-261.

- Schuffel, H. (1986). Human control of ships in tracking tasks. Proefschrift, Soesterberg, Instituut voor Zintuigfysiologie TNO.
- Wiener, E.L. & Curry, R.E. (1980). Flight-deck automation: promises and problems. *Ergonomics*, Vol. 23, No. 10, 995-1011.

Soesterberg, 26 oktober 1989



Ir. R.N.H.W. van Gent

BIJLAGE 1: Vliegmodel

Het vliegmodel is gebaseerd op gelineariseerde symmetrische bewegingsvergelijkingen (zie Gerlach (1967) en Baarspul en Van Dooren (1976) van een relatief zware en snelle RPV, waarvan de aerodynamische coëfficiënten door het Prins Maurits Laboratorium zijn geleverd (zie Fig. 1.1). Daar waar coëfficiënten ontbraken werden die op basis van soortgelijke toestellen geschat. Dit resulteerde in een goed bestuurbaar, snel en stabiel vliegtuig.

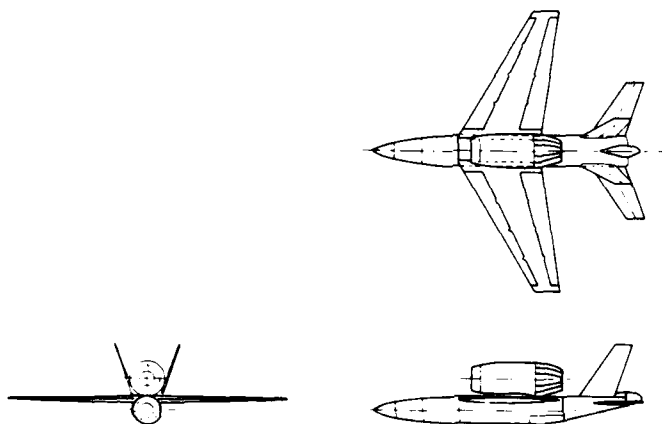


Fig. 1.1 De gesimuleerde RPV.

De drie dimensieloze vergelijkingen die de bewegingen in het symmetrische vlak beschrijven zijn:

X-vergelijking:

$$D_c \dot{u} = \frac{C_{X_u}}{2\mu_c} \cdot \dot{u} + \frac{C_{X_\alpha}}{2\mu_c} \cdot \alpha + \frac{C_{Z_o}}{2\mu_c} \cdot \theta$$

Z-vergelijking:

$$D_c \alpha = \frac{C_{Z_u}}{2\mu_c - C_{Z_{\alpha}}} \cdot \dot{u} + \frac{C_{Z_{\alpha}}}{2\mu_c - C_{Z_{\alpha}}} \cdot \alpha - \frac{C_{X_o}}{2\mu_c - C_{Z_{\alpha}}} \cdot \theta - \frac{C_{Z_o}}{2\mu_c - C_{Z_{\alpha}}} \cdot (1 - \cos \varphi) + \\ + \frac{C_{Z_q} + 2\mu_c}{2\mu_c - C_{Z_{\alpha}}} \cdot D_c \theta + \frac{C_{Z_{\delta}}}{2\mu_c - C_{Z_{\alpha}}} \cdot \delta_e$$

M-vergelijking:

$$D_c \frac{q\dot{c}}{V} = \frac{C_{m_u}}{2\mu_c K_Y^2} \cdot \dot{u} + \frac{C_{m_{\alpha}}}{2\mu_c K_Y^2} \cdot \alpha + \frac{C_{m_{\dot{\alpha}}}}{2\mu_c K_Y^2} \cdot D_c \alpha + \frac{C_{m_q}}{2\mu_c K_Y^2} \cdot \frac{q\dot{c}}{V} + \\ + \frac{C_{m_{\delta}}}{2\mu_c K_Y^2} \cdot \delta_e$$

$$\frac{q\dot{c}}{V} = D_c \theta$$

De vliegsnelheid wordt berekend met de volgende vergelijking:

$$V = V_o + \frac{V_o^2}{c} \int_0^t D_c \dot{u} \cdot dt$$

De vluchtpadhoek wordt berekend met:

$$\gamma = \theta - \alpha$$

waarbij:

$$\theta = \theta_o + \frac{V_o^2}{c} \int_0^t D_c^2 \theta \cdot dt^2$$

en:

$$\alpha = \alpha_o + \frac{V_o}{c} \int_0^t D_c \alpha dt$$

De karakteristieken van het gesimuleerde toestel waren:

Gewicht: W, kgf	- 2790
Vleugeloppervlak: S, m	- 20.9
Spanwijdte: b, m	- 9.63
Gemiddelde aerodynamische koorde: c, m	- 1.97
$2\mu_c$	- 295.5
$2\mu_c K_Y^2$	- 18.75
Referentie snelheid: Vo, m/sec	- 66

De gebruikte stabiliteits-afgeleiden waren:

C_{X_o}	+ 0,00712
C_{X_u}	- 0,0207
C_{X_α}	+ 0,60
C_{Z_o}	- 1,78
C_{Z_u}	- 0,60
C_{Z_α}	- 5,15
$C_{Z_{\dot{\alpha}}}$	- 1,52
C_{Z_q}	- 7,105
C_{Z_δ}	- 0,47

C_{m_u}	0
C_{m_α}	- 1,85
$C_{m_{\dot{\alpha}}}$	- 5,45
C_{m_q}	- 20,26
C_{m_δ}	- 1,12

Het model is geprogrammeerd in turbo pascal en gekoppeld aan een simpel programma dat naast de uitvoering van de GZT ook voor de in- en uitvoer zorgde. Als invoer geldt het stuursignaal van de stuurknuppel en de responsies op de GZT en als uitvoer het computer gegenereerd beeld en de sturing van de actieve stuurknuppel.

LIJST VAN SYMBOLEN

b	spanwijdte
\bar{c}	gemiddelde aerodynamische koorde
C_m	$= \frac{M}{\frac{1}{2} \rho V^2 S \bar{c}}$ coëfficiënt van het moment om de dwarsas, drie-dimensionale stroming
C_{m_α}	$= \frac{\partial C_m}{\partial \alpha}$
$C_{m_{\dot{\alpha}}}$	$= \frac{\partial C_m}{\partial \frac{d\alpha}{dt}}$
C_{m_δ}	$= \frac{\partial C_m}{\partial \delta}$ hoogteroereffektiviteit
C_{m_q}	$= \frac{\partial C_m}{\partial \frac{d\alpha}{dt}}$
C_{m_u}	$= \frac{1}{\frac{1}{2} \rho V S \bar{c}} \cdot \frac{\partial M}{\partial u}$
C_X	$= \frac{X}{\frac{1}{2} \rho V^2 S}$
C_{X_q}	$= \frac{\partial C_X}{\partial \frac{d\alpha}{dt}}$
C_{X_u}	$= \frac{1}{\frac{1}{2} \rho V S} \cdot \frac{\partial X}{\partial u}$
C_{X_0}	$= C_X$ in de stationaire vlucht
C_{X_α}	$= \frac{\partial C_X}{\partial \alpha}$
C_Z	$= \frac{Z}{\frac{1}{2} \rho V^2 S}$
C_{Z_q}	$= \frac{\partial C_Z}{\partial \frac{d\alpha}{dt}}$
C_{Z_u}	$= \frac{1}{\frac{1}{2} \rho V S} \cdot \frac{\partial Z}{\partial u}$

**BEST
AVAILABLE COPY**

C_{Z_0}	= C_Z in de stationaire vlucht
C_{Z_α}	= $\frac{\partial C_Z}{\partial \alpha}$
$C_{Z_{\dot{\alpha}}}$	= $\frac{\partial C_{Z_\alpha}}{\partial \frac{\dot{\alpha}}{V}}$
C_{Z_δ}	= $\frac{\partial C_Z}{\partial \delta_e}$
D_c	= $\frac{d}{ds} = \frac{\bar{c}}{V} \frac{d}{dt}$ dimensieloze differentiaaloperator voor de symmetrische bewegingen
I_y	= $\int (z^2 + x^2) dm$ polair traagheidsmoment om de Y-as
h	vlieghoogte
k_y	= $\sqrt{\frac{I_y}{m}}$ traagheidsstraal om de Y-as
K_y	= $\frac{k_y}{\bar{c}}$ dimensieloze traagheidsstraal om de Y-as
m	massa
S	vleugeloppervlak
t	tijd
\bar{u}	= $\frac{du}{V_0}$
u	component van \underline{V} langs de X-as
V	grootte van de vliegsnelheid \underline{V}
\underline{V}	snelheid van het zwaartepunt t.o.v. de ongestoorde lucht of de aarde
V_0	stationaire snelheid
x	x-coördinaat, abscis
X	= $C_X \frac{1}{2} \rho V^2 S$ component van de totale luchtkracht in X-richting

**BEST
AVAILABLE COPY**

y	y-coördinaat , ordinaat
z	z-coördinaat
Z	$= C_{Zz} \frac{1}{2} \rho V^2 S$ component van de totale luchtkracht in de Z-richting
α	invalshoek
α_0	invalshoek in de stationaire vlucht
γ	baanhoek, hoek tussen \underline{V} t.o.v. de aarde en het horizontale vlak
δ_e	uitslag van het hoogteroer
θ	langshelling, hoek tussen de X_m -as en het horizon- tale vlak
θ_0	langshelling in de stationaire vlucht
μ_c	$= \frac{\rho}{\rho_{ref}}$ relatieve dichtheid, symmetrische bewegingen
ρ	luchtdichtheid

**BEST
AVAILABLE COPY**

BIJLAGE 2: Variantie-analyses

Tabel II.I Samenvatting van een variantie-analyse van de afstand tot het doel als functie van stuurknuppeltype, herhaling, startafstand en neventaak.

Factor	F	df	p
Stuurknuppeltype (ST)	55.044	1	<< 0.01
Herhaling (H)	10.885	1	<< 0.01
Startafstand (S)	7.245	2	<< 0.01
Neventaak (N)	7.830	1	< 0.01
ST * H	1.373	1	ns
ST * S	8.510	2	<< 0.01
ST * N	0.186	1	ns
ST * N * S	1.549	2	ns

ns = niet significant

Tabel II.II Samenvatting van een variantie-analyse van de afstand tot het doel als functie van stuurknuppeltype, herhaling, startafstand en neventaak.

Factor	F	df	p
Stuurknuppeltype (ST)	2.306	1	ns
Herhaling (H)	4.284	1	ns
Startafstand (S)	987.732	2	<< 0.01
Neventaak (N)	4.528	1	ns
ST * H	0.063	1	ns
ST * S	7.583	2	<< 0.01
ST * N	0.095	1	ns
ST * N * S	2.704	2	ns

ns = niet significant

Tabel II.III Samenvatting van een variantie-analyse van de standaardafwijking van de verticale snelheid bij het net als functie van stuurknuppeltype, herhaling, startafstand en neventaak.

Factor	F	df	p
Stuurknuppeltype (ST)	2.429	1	ns
Herhaling (H)	2.429	10	ns
Startafstand (S)	1.048	2	ns
Neventaak (N)	4.534	1	ns
ST * H	0.004	1	ns
ST * S	0.872	2	ns
ST * N	0.195	1	ns
ST * N * S	1.832	2	ns

ns - niet significant

Tabel II.IV Samenvatting van een variantie-analyse van de prestatie op de GZT als functie van stuurknuppeltype, herhaling, startafstand en neventaak.

Factor	F	df	p
Stuurknuppeltype (ST)	27.898	1	<< 0.01
Herhaling (H)	1.479	1	ns
Startafstand (S)	366.317	2	<< 0.01
ST * H	0.006	1	ns
ST * S	0.381	2	ns
ST * H * S	0.360	2	ns

ns - niet significant

REPORT DOCUMENTATION PAGE		
1. DEFENCE REPORT NUMBER (MOD-NL) TD 89-4143	2. RECIPIENT'S ACCESSION NUMBER	3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NUMBER IZF 1989-43
4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO. 734.2	5. CONTRACT NUMBER 889-44	6. REPORT DATE October 12, 1989
7. NUMBER OF PAGES 35	8. NUMBER OF REFERENCES 13	9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED Final
10. TITLE AND SUBTITLE Proprioception in aircraft control		
11. AUTHOR(S) R.N.H.W. van Gent		
12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES) TNO Institute for Perception Kampweg 5 3769 DE SOESTERBERG		
13. SPONSORING/MONITORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES) TNO Division of National Defence Research Koningin Marijkeaan 21 2595 GA DEN HAAG		
14. SUPPLEMENTARY NOTES		
15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS, 1044 BYTE) Due to the increase of boardsystems in aircraft in previous years the pilot cannot pay as much attention to the primary flying task as before. The impression exists that therefore the performance on the primary task is less than optimal. It has been investigated whether with an active stick to feed back a flight variable through proprioception the visual attention of the pilot for secondary tasks diminishes in a steering task with a remotely piloted vehicle (RPV). For this purpose an experiment was set up in which a remotely piloted vehicle was simulated on a computer and in which the independent factors, sticktype (active vs passive), task-speed, replication and whether or not a visual secondary task was present, were introduced. The results show that with the control of remotely piloted vehicles in the vertical plane, proprioceptive feedback of the vertical speed enhances the accuracy of the steering task and the score on the visual secondary task.		
16. DESCRIPTORS Flying Feedback Manual Control Motion Perception Pilots Proprioception		IDENTIFIERS Active Stick RPV
17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT) -	17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE) -	17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT) -
18. DISTRIBUTION/AVAILABILITY STATEMENT Unlimited availability		17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES) -

VERZENDLIJST

1. Hoofddirecteur van de Hoofdgroep Defensieonderzoek TNO
2. Directie Wetenschappelijk Onderzoek en Ontwikkeling Defensie
Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KL
3. (Plv. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KL
- 4,5. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KLu
Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KM
6. (Plv. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KM
7. Wnd. Hoofd Afd. Militair Geneeskundig Beleid
Cdre vliegerarts H.H.M. van den Biggelaar
8. Inspecteur Geneeskundige Dienst KL
Brig.Gen.-arts B.C. Mels
9. Inspecteur Geneeskundige Dienst KLu
Cdre J.Th. Versteeg
10. Inspecteur Geneeskundige Dienst Zeemacht
Cdr-arts A.J. Noordhoek
- 11, 12, 13. Hoofd van het Wetensch. en Techn. Doc.- en Inform.
Centrum voor de Krijgsmacht

LEDEN WAARNEMINGS CONTACT COMMISSIE

14. Maj.Ir. W.C.M. Bouwmans
15. LTZARl F.D.J.R. Feunekes
16. Dr. N. Guns
17. Drs. C.W. Lamberts
18. Ir. P.H. van Overbeek
19. Drs. W. Pelt
20. Maj. dierenarts H.W. Poen
21. Drs. F.H.J.I. Rameckers
22. LTZSD20C KV Drs. M.B.A.M. Scheffers
23. Prof.Ir. C. van Schooneveld
24. lKol.Drs. H.W. de Swart
25. Ir. M. Vertregt
26. Kol. vliegerarts B. Voorsluijs

Extra exemplaren van dit rapport kunnen worden aan-
gevraagd door tussenkomst van de HWOs of de DWOO.
